

Articulação entre modelos mentais e esquemas de assimilação no ensino de Ciências

Articulation between mental models and assimilation projects in science teaching

PÔSTER

RESUMO

O presente trabalho visa por em evidência a importância da utilização de modelos mentais no ensino de ciências naturais e apresentar a proposta de promover a articulação entre os esquemas de assimilação de Piaget com os modelos mentais de Johnson-Laird, idéia já abordada por outros educadores. Defende-se, ainda, que embora exista uma distinção entre modelos mentais e esquemas, estes elementos podem ser articulados e integrados, mesmo com distintos graus de estabilidade cognitiva (esquemas sendo considerados como estruturas com um certo grau de estabilidade na memória de longo prazo, enquanto que modelos mentais são considerados instáveis e funcionais). Apresentamos a idéia de que para um ensino mais efetivo de ciências os professores devem lançar mão de todos os recursos didáticos possíveis, ainda que para isso tenham de promover uma constante articulação e integração teórica, para o tornar mais dinâmico e interessante.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Modelos mentais, Esquemas.

ABSTRACT

The present work aims at to put in evidence the use of mental models in the education of natural sciences and to present the proposal to promote the joint enters the projects of assimilation of Piaget with the mental models of Johnson-Laird, boarded idea already for other educators. It is defended, still, that even so a distinction between mental models and projects exists, these elements can be articulated and be integrated, exactly with distinct degrees of cognitive stability (considered projects being as structures with a certain degree of stability in the memory of long stated period, while that mental models are considered unstable and functional). We still present the idea of that the possible didactic resources stop a more effective education of sciences the professors must launch hand of all, that for this they have to promote a constant joint and theoretical integration, to become it more dynamic and interesting.

Keywords: Science Education, Mental models, Projects.

Introdução:

Na última década temos assistido a um incremento considerável na utilização de recursos visuais e recursos não verbais, como meio de tornar mais interessante e efetivo o ensino das mais diversas áreas de conhecimento. Na década de 1970 começou a haver uma procura de concepções alternativas a serem aplicadas na Educação, nos anos 80 essa procura cresceu e ocorreu uma certa mudança conceitual. Como conseqüência dessa mudança, a partir da década de 90 até os anos atuais passou a haver uma utilização dos conceitos da Psicologia Cognitiva, em especial no que concerne às representações internas dos alunos para incremento da educação.

Este interesse e uso da psicologia cognitiva, decorre da necessidade de entender os processos mentais que antecedem à cognição, a fim de poder elaborar estratégias educacionais mais eficazes.

Dentre as diferentes teorias sobre as representações internas, parece-nos que o conceito de “modelo mental” tem alcançado, atualmente, uma grande importância na pesquisa em ensino de ciências. Os defensores deste conceito afirmam que seu potencial para a pesquisa em ensino estaria fundado, primordialmente, na possibilidade de servir de referencial teórico para interpretar as concepções e os modos de raciocínio dos alunos e, fazendo uso desses “modelos mentais”, abordar com uma fundamentação mais sólida a didática das ciências.

Ainda segundo aqueles que defendem a adoção desse chamados modelos mentais, o fazer científico constituiria-se fundamentalmente na elaboração e uso de modelos, e a modelização seria o objetivo final do ensino em ciências. Pareceria natural, então, estabelecer analogias entre os modelos científicos (representações externas) e os modelos mentais (representações internas). Embora seu uso seja generalizado, não há uma definição geral ou única do que possa ser entendido como modelo mental. Tomando só alguns exemplos recentemente publicados, Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001, p. 232) consideram que “a apropriação de qualquer aspecto da realidade supõe que ele seja representado, ou seja, supõe a construção de um modelo mental da realidade”.

Para Bao e Redish (2001, p. 46) “modelos mentais são esquemas particularmente robustos e coerentes, que se embasados em um conjunto de idéias consistentes e coerentes acerca dos objetos físicos e suas propriedades é considerado como um modelo físico”

Pozo (1999, p. 514) opõe os modelos mentais “às representações esquemáticas, explicitamente presentes na memória do sujeito”.

Como definir então “modelos mentais”? Tomaremos emprestadas as palavras do professor Marco Antonio Moreira da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que afirma:

“ serem modelos mentais estruturas cognitivas idiossincráticas, determinadas e concretas, que acontecem na memória de trabalho do sujeito que quer compreender, explicar ou prever uma situação ou processo específico, atuando como análogos estruturais dessa situação ou processo.”

Os modelos mentais caracterizam-se por serem estruturas fluidas e dinâmicas, geradas para resolver uma situação particular, incompleta e modificável. Na medida em que o sujeito detecta uma falta de correspondência entre as predições geradas pelo modelo e os eventos externos ou precisa incorporar novas informações ao seu modelo, dependendo do uso que queira dar ao mesmo ele gera um modelo mental. Esse é o sentido de chamar esses modelos mentais de “modelos de trabalho” – ou seja, serem representações extremamente mutáveis, uma vez que visam a funcionalidade de suas conclusões. Suponhamos que efetivamente para compreender, explicar e prever os conceitos, problemas e modelos que lhes são apresentados nas aulas de ciências os alunos adotem esse caminho. Primeiramente irão construir representações internas, seus “modelos mentais”. Para que esses “modelos mentais” dos estudantes avancem para uma compreensão mais profunda dos conceitos ensinados é que o uso de esquemas poderia ser utilizado como facilitador.

Algumas teorias sobre modelos mentais e utilização de esquemas:

Vosniadou (1994) utiliza os modelos mentais para caracterizar as representações dinâmicas que os sujeitos geram para lidar com situações específicas. Estas representações estariam determinadas pelas teorias de domínio que os sujeitos têm sobre um determinado conjunto de fenômenos, que por sua vez, adotariam, de forma implícita, a estrutura de certos

princípios ou supostos epistemológicos e ontológicos impostos pelas chamadas "teorias-marco" ou teorias implícitas.

Estes pressupostos implícitos se constituiriam nos primeiros anos de vida do indivíduo e não seriam compatíveis com os pressupostos das teorias científicas, convertendo-se assim no principal obstáculo para a aprendizagem de conceitos científicos.

Gutiérrez, por sua vez, embasa sua teoria nos modelos mentais mecanicistas de Kler e Brown e sugere que o primeiro passo para a construção de modelos mentais é a criação de uma representação interna da estrutura de um sistema físico. Neste estágio, pressupostos epistemológicos e ontológicos e os objetivos das pessoas para a criação do modelo mental determinariam quais os objetos desse sistema deveriam ser escolhidos para serem representados e qual é o recorte da realidade que deve ser realizado sobre o sistema. Determinariam ainda quais as propriedades atribuídas a esses modelos mentais. Estes pressupostos seriam mudados se o modelo mental resultante da primeira representação não se correspondesse com a realidade ou não fosse robusto. Segundo Gutiérrez, este mecanismo (necessidade do indivíduo de construir modelos mentais coerentes e consistentes que permitam uma concordância entre seu pensamento e os dados do mundo externo) seria o responsável pelo monitoramento do processo de mudança conceitual no caso de sistemas físicos dinâmicos. Neste processo de reformulação de modelos, mudanças ontológicas aconteceriam com bastante facilidade.

Greca e Moreira, adotando o referencial dos modelos mentais de Johnson-Laird, encontraram nas suas pesquisas que os modelos mentais gerados pelos estudantes para a explicação e predição de situações físicas concretas e para a compreensão de conceitos físicos dentro do âmbito escolar são determinados tanto pelo conhecimento geral dos estudantes como por certos conceitos ou pressupostos mais fundamentais que funcionariam como núcleos desses modelos mentais. Esses núcleos seriam entidades mais estáveis, mais permanentes da estrutura cognitiva e determinariam o conjunto de situações que são percebidas como semelhantes.

O processo de aquisição do conhecimento aconteceria através de sucessivas reformulações dos modelos mentais dentro de uma mesma família de modelos (que teriam o mesmo núcleo) ou pela geração de novas famílias de modelos que permitiriam o estabelecimento ou aceitação de novos núcleos. Segundo esta perspectiva, se a informação à qual o estudante deve dar significado não lhe permite a elaboração de modelos mentais adequados para sua compreensão (que não sejam contraditórios com aquilo que sabe), ele não construirá modelos mentais e a informação passará a ser memorizada na forma de representações proposicionais isoladas e, portanto, não significativas. Esta colocação permite explicar o fato de os alunos esquecerem com facilidade dos conceitos ensinados em aula e que haviam sido, aparentemente, aprendidos. Os estudantes aprenderiam fórmulas e definições, não vinculadas a modelos mentais, que seriam, por esse motivo, facilmente abandonadas.

No entanto, em nenhuma das propostas apresentadas, se define o que se está entendendo por conceito (embora as duas primeiras se apresentem como propostas para explicar a mudança conceitual e a terceira discuta questões vinculadas à aprendizagem de conceitos). E a definição de conceito é o ponto fundamental para o ensino de ciências pois, embora se argumente que o fim último do ensino não é, primordialmente, a aprendizagem de conceitos, é certo que a mudança de atitudes, procedimentos, princípios epistemológicos e ontológicos acontecem na medida em que ocorre a aprendizagem conceitual.

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud

Para Vergnaud o problema central da cognição é a conceitualização. Opondo-se à separação entre conhecimento procedimental e conhecimento declarativo, ele considera que o fator essencial da dificuldade dos estudantes com a resolução de problemas em Ciências

encontra-se vinculada não ao tipo de operação que um determinado problema requer por em prática e sim às operações do pensamento que os estudantes devem fazer para estabelecer relações pertinentes entre os dados do problema.

Segundo acredita, os estudantes, na resolução de problemas são guiados por hipóteses, analogias, metáforas, que dependem da conceitualização. Assim, embora na literatura a resolução de problemas seja muitas vezes vista como uma nova combinação de ações e regras a partir do conhecimento que se tem, e a formação de conceitos como a necessidade premente de se obter novas formas de conceitualizar o mundo, novos objetos e novas propriedades desses objetos, este dois elementos formam parte, para Vergnaud, de um mesmo elemento. Para ele, a representação simbólica e de conceitos estão sempre presentes na resolução de problemas e a resolução de problemas é a base para a formação de novos conceitos. Esta teoria se baseia fortemente em Piaget, que foi o precursor da chamada teoria dos campos conceituais. Segundo Vergnaud, o conhecimento se encontra organizado em campos conceituais, adquiridos pelos indivíduos ao longo do tempo. Campos conceituais podem ser definidos como grandes conjuntos heterogêneos, de situações e problemas cuja análise e tratamento requer diversas classes de conceitos, procedimentos e representações simbólicas que se integram como elos de uma corrente e que são interdependentes. Um campo conceitual resulta em uma unidade de estudo cujos componentes (situações, conceitos, etc) podem ser tratados de forma independente em relação a outros conjuntos. Isto não quer dizer que os diferentes campos conceituais sejam conjuntos independentes e que uns não podem ser importantes para a compreensão dos outros. Em Ciências, os campos conceituais seriam definidos a partir da dificuldade na conceitualização dos modelos e teorias que explicam e interpretam a realidade e, portanto, são aproximações do real. Assim, poderíamos falar dos campos conceituais da Genética, Bioquímica, Fisiologia, Botânica, etc. A compreensão dos conceitos de Biogenética, por exemplo, tem pouco a ver com a compreensão da Botânica, no entanto ambos os estudos mantêm elementos em comum (princípios e conceitos gerais), a compreensão em um desses campos não é condição suficiente, nem mesmo necessária, para a compreensão do outro. Ou seja, os tipos de situações, problemas, procedimentos e conceitos envolvidos nestes campos podem ser tratados independentemente, de forma satisfatória.

O domínio de um campo conceitual ocorre durante longos períodos, de forma que novos problemas e novas propriedades relacionados com ele devem ser estudados ao longo de vários anos para que os alunos os dominem de forma gradual e progressiva, como é aconselhável. Durante o processo de apreensão dos campos conceituais, os estudantes vão adquirindo competências. De fato, a maior parte de nossos conhecimentos são competências que se formam, desenvolvem, diferenciam, melhoram ao longo de nosso aprendizado e experiências. Em relação ao conhecimento científico, as competências parecem estar mais vinculadas à resolução de problemas, como já afirmamos anteriormente.

E é justamente esta tendência em ressaltar as competências (o saber o que e como fazer) o que leva a ênfase dada em Ciências para a resolução de problemas como uma das principais formas de se avaliar o processo de aprendizagem do aluno. Isso explica porque muitas vezes um estudante de Ciências, após resolver de forma correta um problema, não é capaz de expressar verbalmente o raciocínio que o levou até o resultado. No entanto, segundo acreditamos, este dois aspectos chamados de procedimental e declarativo, devem ser considerados interdependentes. Assim, competências e concepções devem ser consideradas como ferramentas essenciais para a descrição e análise dos campos conceituais por parte dos alunos. Ainda segundo Vergnaud uma situação é entendida como uma tarefa, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas. Podemos concluir então que o processo de cognição e as conseqüentes respostas do indivíduo são dadas em função das situações com a quais é confrontado, ou as quais é submetido e é a partir desse confronto com as situações e do domínio

que gradualmente alcança sobre elas, que o indivíduo forma os campos conceituais que irão compor o seu conhecimento.

No entanto, ainda que o domínio das situações molde o conhecimento que o estudante alcança, o sentido atribuído pelo sujeito à situação não está na situação em si mesma, e sim decorre de uma relação entre a situação e a representação que dela faça o sujeito, seu recorte da realidade. Diante de diferentes situações agimos de uma forma específica, e essa maneira de agir é determinada pela representação que fazemos daquela realidade. O vínculo, segundo Vergnaud, entre a conduta que adotamos e a representação, é dado pelo conceito de esquema extraído de Piaget. Vergnaud chama de esquema a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações. Segundo ele, é nos esquemas que se deve pesquisar o conhecimento do sujeito, o elemento cognitivo que faz com que ação do sujeito seja esta ou aquela.

Concluimos então que um esquema vai gerar ações, pelo que deve conter regras, porém não um estereótipo porque a seqüência de ações depende das particularidades da situação e do indivíduo que a opera. Um esquema é um universal que é eficiente para enfrentar toda uma gama de situações e pode gerar diferentes seqüências de ação, de coleta de informações e de controle, dependendo das características de cada situação em si. Ou seja, não é o comportamento frente a situações semelhantes que é invariante, universal, mas a organização desse comportamento, que foi chamada de esquema. Frente a uma situação nova, vários esquemas podem ser evocados sucessiva ou simultaneamente a fim de dar-lhe sentido e possibilitarem sua resolução. O sentido inicial e, portanto o que levará a sua ação, em uma determinada situação se embasa sobre os esquemas iniciais que este indivíduo possui. Para Vergnaud o desenvolvimento cognitivo consiste, sobretudo e principalmente, na aquisição de um vasto repertório de esquemas que permitam aos sujeitos enfrentarem e resolverem uma quantidade mais abrangente de situações com as quais vierem ser confrontados.

Para ele existem duas classes de situações: aquelas em que o indivíduo dispõe, no seu repertório, das competências necessárias ao tratamento da situação que se lhe apresenta, e aquelas em que o indivíduo não dispõe das competências necessárias, o que obriga a um tempo de exploração e reflexão. No primeiro caso, acionam-se condutas automatizadas, enquanto que no segundo, o sujeito deve acionar vários esquemas de seu repertório para tentar resolver a nova situação, e que deverão ser recombinações e acomodados até atingir a meta, que é a resolução da situação problema.

Quatro são os ingredientes de um esquema Vergnaud:

- 1- objetivo do esquema ou as metas e antecipações: um esquema se dirige sempre a uma classe de situações nas quais o sujeito pode descobrir uma possível finalidade da sua atividade;
- 2- regras de ação e controle: são regras do tipo "se ...então" que permitem a geração e a seqüência de ações do sujeito;
- 3- invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação): constituem os conhecimentos contidos nos esquemas, dirigem a busca da informação pertinente para a detecção de metas e das regras adequadas à ação;
- 4- possibilidades de inferência (ou raciocínios): permitem calcular as regras e antecipações em uma situação concreta.

Destes quatro elementos que constituem os esquemas, somente os invariantes operatórios são indispensáveis na articulação entre a prática e a teoria, ou seja, entre uma situação que o sujeito enfrenta e o conhecimento-em-ação que possui para poder resolvê-la.

Segundo Vergnaud um teorema-em-ação é uma proposição que se supõe verdadeira e um conceito-em-ação é um objeto, um predicado ou uma categoria de pensamento tida como relevante.

Estes invariantes operatórios formam a articulação essencial entre a prática e a teoria, uma vez que a percepção, a procura e a seleção de informação se embasam por inteiro no sistema de conceitos-em-ação disponíveis pelo sujeito e os teoremas-em-ação existentes em sua conduta. Há uma relação entre conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, uma vez que os conceitos são ingredientes de teoremas e teoremas são propriedades que dão aos conceitos seus conteúdos. As proposições podem ser verdadeiras ou falsas e os conceitos podem ser apenas relevantes ou irrelevantes. Os dois são indispensáveis para guiar a ação do sujeito.

Segundo nosso ponto de vista o conhecimento contido nos esquemas, o conhecimento para a ação (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) permanece em geral totalmente implícito, pois ele se orienta para o desenvolvimento de competências, para o saber fazer, em vez do desenvolvimento de conceitos. Portanto os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação não são nem conceitos nem teoremas, pois na ciência, conceitos e teoremas são explícitos e pode-se discutir sua relevância e sua aplicabilidade, mas esse não é o caso dos invariantes operatórios.

No entanto, sem eles, a conceitualização não seria possível. Vergnaud compara os conhecimentos explícitos com a ponta de um iceberg da na formação de conceitos: sem a parte oculta dos invariantes operatórios este pouco seria. E, por outra parte, sem a ajuda do conhecimento explícito, demonstrado no uso de proposições, funções, não poderíamos conhecer os invariantes operatórios associados aos esquemas. Em geral, os alunos não são capazes de explicar ou mesmo expressar em linguagem verbal, os conceitos-em-ação que utilizam para a identificação dos elementos necessários para o estabelecimento da resolução dos problemas que devem ser efetuados. Este conhecimento permanece implícito e, por esse motivo é mais difícil de ser modificado. Por isso, acreditamos que o objetivo do ensino seja a construção de conceitos mais explícitos e gerais, palavras e símbolos, sentenças e expressões simbólicas, instrumentos cognitivos preciosos para a transformação dos invariantes operatórios implícitos em teoremas e conceitos.

Porém, esta transformação de invariantes operatórios em imagens e texto ou em qualquer outro sistema semiótico (gráficos, diagramas, etc.) não é direta, pois existem importantes lacunas entre aquilo que é representado na mente do indivíduo e o significado usual das palavras. Segundo o que temos apresentado até agora, os conceitos-em-ação do sujeito não são verdadeiros conceitos. O que são então os conceitos, os verdadeiros conceitos? Vergnaud adere à visão de que os conceitos são basicamente relacionais e se referem a um conjunto de situações, invariantes operatórios e suas propriedades que podem ser expressas por diferentes representações linguísticas e simbólicas. É, portanto, através das situações e dos problemas que um conceito vai, gradualmente, adquirindo sentido para o sujeito, pois é a partir dessas situações e problemas que o sujeito vai abstraindo as propriedades que conformarão seus conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. Na medida em que esses invariantes operatórios podem ser expressos em forma explícita, por meio de seus significantes, esses invariantes passam a conformar conceitos. Já tivemos a oportunidade de observar, em sala de aula, que quando os estudantes operam com determinados conceitos na resolução de uma situação problema, muitas vezes o que utilizam são somente os invariantes operatórios. Ou seja, os conceitos necessários para resolver essas situações são instrumentos da ação do sujeito. No entanto, saber dizer o que está fazendo, explicar qualitativamente o problema ou expressar os conceitos utilizados os leva a efetuar uma passagem do conceito como instrumento ao conceito como objeto de pensamento, que tornará este conhecimento mais permanente. Entendemos que os elementos dos esquemas contêm a informação que a pessoa tem acerca do mundo; mas como este conhecimento pode converter-se

em uma representação suficientemente dinâmica de modo a formar um modelo do mundo que possa rodar e, portanto, predizer e explicar?

Esse parece ser o problema principal a ser resolvido uma vez que enquanto os esquemas se mantêm como estruturas na memória de longo prazo, no momento de enfrentar uma situação nova os sujeitos geram representações na memória de curto prazo, os modelos mentais da situação em questão, modelos de trabalho para a resolução da tarefa. Os modelos mentais seriam nesse caso representações mediadoras entre a situação e o conhecimento que o sujeito possui. Os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação guiam o processo de construção dos modelos mentais, na medida em que determinam os elementos da situação que resultam relevantes para o sujeito e que levarão a sua resolução. O conhecimento-em-ação do sujeito determina aquilo que pode ser percebido da situação. Uma vez que os modelos mentais são gerados, manipulados e rodados, eles fornecem as regras de ação e controle que determinam as seqüências de ações do sujeito.

Ao considerar os esquemas como estruturas na memória de longo prazo, estamos colocando fora do esquema as inferências que são efetuadas frente a cada situação nova e, portanto, não fazem sentido estar guardadas. Essas inferências acontecem nos modelos mentais, sendo a tarefa fundamental dos modelos mentais a de fazer inferências e predições frente a cada situação nova em particular. Ou seja, os modelos mentais resultam no espaço em que os esquemas operatórios dos indivíduos manipulam as representações da realidade com o objetivo de agir sobre ela.

A relação entre os modelos mentais e os esquemas é uma relação dialética. Por uma parte, a leitura da realidade a partir do conhecimento-em-ação do sujeito determina os modelos mentais, mas o processo de "comparação" entre os resultados desses modelos (explicações, predições) e a solução, o resultado efetivo da situação em si pode levar a modificações nos invariantes do sujeito devido a inconsistências entre o modelo mental e a situação, ou na procura de coerência entre seu pensamento e os dados do mundo exterior. Quer dizer, quando um sujeito enfrenta uma situação nova, a discordância entre as inferências decorrentes do modelo mental que constrói a partir dos invariantes existentes em seus esquemas e a situação em si, pode levá-lo à modificação dos modelos. A detecção de invariantes nesses modelos mentais levará à construção de esquemas apropriados para a resolução dessas classes de situações, que então já não serão novas.

Na detecção de discordâncias que permitem aprimorar recursivamente os modelos mentais e, eventualmente, os esquemas subjacentes, a interação entre sujeitos (colegas ou professor) tem um papel fundamental. A necessidade de compartilhar significantes e significados com estes "outros" permitiria detectar as discordâncias, atuando assim como apoios "metacognitivos" para a apropriação dos significados necessários para a formação dos verdadeiros conceitos. Assim podemos concluir que existem dois grandes tipos de representações, necessárias para a apreensão do mundo por parte do indivíduo: os esquemas e os modelos mentais. Os mecanismos de construção dos modelos mentais resultariam, em boa medida, da aplicação das regras contidas nos esquemas (os teoremas-em-ação) e os mecanismos de modificação dos esquemas (como o mundo externo influencia nas representações internas do sujeito), estariam dados pela procura de consistência e coerência dos resultados dos modelos mentais (predições, inferências, explicações) em relação aos acontecimentos do mundo.

Além destas duas representações, o sujeito disporia dos algoritmos, dos hábitos e das regras "se... então", como representações ainda mais estáveis que os esquemas e características de condutas totais ou parcialmente automatizadas. Daí se extrai que o conhecimento encontra-se organizado em campos conceituais, cujo domínio, por parte do aluno, acontece ao longo do tempo. Este domínio está vinculado em parte ao repertório de esquemas operatórios que o sujeito

pode construir para resolver distintas situações; estas situações formam, em grande medida, seu campo conceitual. A explicitação dos invariantes operatórios do sujeito, em alguma linguagem simbólica, determina o que se define como conceito, sendo que o conceito adquire significação a partir das situações que o sujeito enfrenta e que lhe permitem detectar os invariantes.

Este processo de detecção e mudança dos invariantes acontece no âmbito dos modelos mentais, que são o espaço em que os esquemas operatórios dos indivíduos manipulam as representações da realidade com o objetivo de agir sobre ela. Parece de fundamental importância, na resolução de situações problema, que o aluno entenda o que é conceito, separando o saber o que um conceito significa (mediante a expressão em algum sistema simbólico) da competência que pode se ter para aplicá-lo, problema largamente detectado no ensino de ciências. É comum no ensino de Ciências que existam estudantes que, embora aparentemente conseguindo compreender os conceitos, no sentido de aplicá-los corretamente às situações, ou seja, tendo a competência necessária para usá-los adequadamente, só conseguiam explicitar os mesmos desde que atrelados a situações específicas. O saber o que os conceitos significavam estava preso a certas situações particulares, enquanto que outros estudantes conseguiam uma explicitação aparentemente independente do problema.

Isto pode ser explicado na medida em que podemos enunciar que estes conceitos dos estudantes são ainda conceitos e propriedades-em-ação, que lhes permitem dar sentido a diferentes situações, porém ainda não conseguem, no processo de explicitação, se desvincular do conceito como instrumento para considerá-lo como objeto do pensamento. Isto restringe o âmbito de aplicabilidade do conceito. Diversos autores conceituados consideram a mudança conceitual como difícil devido à dificuldade de mudança dos pressupostos ontológicos dos sujeitos, enquanto que os dados por ela obtidos mostrariam que a modificação destes princípios nos modelos mentais é uma tarefa relativamente fácil. Vemos aqui o porque da necessidade de separação entre estruturas dinâmicas e estruturas mais fixas. Certamente, os modelos mentais podem ser modificados de forma relativamente fácil, tendendo a eliminar as diferenças entre as suas predições e os acontecimentos do mundo. No entanto, isso não é um processo que automaticamente modifique os conceitos e teoremas-em-ação dos sujeitos. Dependendo da estabilidade desses conhecimentos em ação, eles poderão ser mudados de forma mais ou menos rápida. Esta relação permite também entender porque a aprendizagem de novos esquemas, surgidos da reestruturação, é uma tarefa difícil. Como já explicitadas anteriormente mudanças nos modelos mentais, destinadas a compatibilizar as predições e explicações dos sujeitos em relação a certas circunstâncias, não levam necessariamente a uma reestruturação de esquemas. Para que isto aconteça, os modelos gerados devem ser repetidamente não satisfatórios para que possam ser detectados invariantes nos mesmos e, com isso, possibilitar a mudança. Possivelmente isto exija o desenvolvimento de ferramentas metacognitivas que monitorem as inconsistências e incoerências dos modelos mentais e associem as mesmas a determinados teoremas ou conceitos-em-ação. A isto se soma a dificuldade de verificação das inconsistências dos modelos mentais em Ciência em geral, pois esta verificação envolve, além da verificação da representação das entidades e das relações entre elas, a dos elementos conceituais. A percepção em Ciências é mediada por estes elementos conceituais, que fogem à forma intuitiva de percepção. A detecção das inconsistências entre os modelos mentais formados pelo sujeito para dar uma explicação sobre uma situação e a explicação da mesma desde os modelos cientificamente aceitos passa pelo reconhecimento destes elementos conceituais, o que não é simples. O fato que situações semelhantes desde o ponto de vista científico podem ser vistas a partir de diferentes esquemas pelo sujeito e, portanto, levá-lo a construir diferentes modelos mentais e fazer diferentes inferências, pode explicar a falta de coerência encontrada nas respostas dos alunos perante situações aparentemente semelhantes propostas pelos professores.

Implicações didáticas:

A utilização do conceito de modelos mentais tem sido muito discutida no ensino de Ciências. No entanto, para que o estudante aprenda um determinado modelo, não basta que este seja apresentado a ele, senão deveriam ser-lhe apresentadas uma série de situações que lhe permitisse perceber os conceitos, relações e propriedades dos modelos biológicos, que correspondem aos invariantes operatórios. No mesmo sentido vai a aprendizagem dos modelos físicos e matemáticos. Os campos conceituais em Ciências de modo geral só podem ser adquiridos mediante um processo de conceitualização do real. No entanto, deve se levar em conta que os modelos biológicos, que servem para explicar os fenômenos biológicos e cuja compreensão é um dos objetivos do ensino de Biologia, são simplificações extremas da realidade à luz dos princípios de uma dada teoria. Poder detectar invariantes nas situações que eles se aplicam é um processo muito complexo porque o repertório de esquemas que o estudante possui, e que é a base para a construção dos modelos mentais iniciais, são derivados da sua ação sobre o mundo desde o nascimento e, portanto, muito ricos. Isso pode fazer com que para eles cada situação, explicada desde um determinado modelo, seja uma situação diferente e, assim, apliquem às mesmas, esquemas diferentes. Como poder detectar regularidades nas situações ou regularidades nas inconsistências entre seus modelos mentais e o mundo, se cada caso é um caso? Quanto mais perto da vida cotidiana sejam as situações apresentadas aos estudantes mais esquemas e hábitos ele deve ter, sendo nestes casos muito difícil conseguir que eles cheguem a formar um conceito científico. Dentro desta perspectiva, a modelização, que vem sendo descrita como a estratégia didática por excelência pode ser entendida como um dos possíveis mecanismos de explicitação dos conceitos e teoremas-em-ação, estágio indispensável para a aquisição dos verdadeiros conceitos científicos. Para modelizar uma situação, os estudantes devem escolher as entidades que formarão parte do modelo e estabelecer as relações entre elas, que servirão de base para as equações que descrevem este modelo. Nesse processo devem, necessariamente, explicitar os conceitos e teoremas-em-ação que possuam. Outra estratégia bastante difundida no ensino de Ciências é a utilização de problemas abertos em contraposição aos problemas tradicionais. Em relação à pesquisa, parece interessante, no que se refere aos campos conceituais, determinar quais seriam os mais relevantes de serem apropriada pelos estudantes (lembrando que o processo de aquisição dos mesmos é um processo complexo, longo e demorado), a detecção dos conhecimentos em ato que os estudantes desenvolveriam, assim como observar os processos de explicitação dos mesmos.

Conclusão

A idéia de que a compreensão significativa de situações novas implica a construção de modelos mentais nos parece adequada como premissa de uma visão funcionalista da mente. Esse pressuposto tem fortes implicações para o ensino e a aprendizagem de ciências. Por exemplo, na resolução de problemas, a compreensão significativa do enunciado, que é um requisito indispensável para chegar a uma solução não mecânica, requer a construção de um modelo mental adequado da situação problemática. Contudo, não nos parece apropriado pensar que o modelo mental dê conta de muito mais do que acontece, de imediato, quando o sujeito se depara com uma situação nova a ser resolvida. Quer dizer, a idéia de modelo mental que nos parece adequada é a de modelo de trabalho, isto é, algo construído na memória de e para o trabalho: uma representação interna construída, recursivamente, a partir de conhecimentos prévios e novas percepções, cujo único compromisso é a funcionalidade segundo critérios do indivíduo que a construiu. Uma vez atingido o objetivo da compreensão funcional, o modelo mental torna-se descartável, dispensável, pois já cumpriu seu papel. Esta concepção de modelo mental, que é a de Johnson-Laird, tem a grande vantagem de evitar confusões, encontradas com frequência na literatura com outras construções representacionais como as redes semânticas, propostos na Psicologia Cognitiva, com os esquemas de assimilação de Piaget, ou com as chamadas concepções alternativas. As redes semânticas, os esquemas de assimilação, têm um certo grau de

estabilidade cognitiva, não sendo, portanto, comparáveis com os modelos mentais. Chamar de modelos mentais ao que antes se chamava de concepção alternativa, ou o que psicólogos cognitivos chamam de scripts, ou, ainda, o que Piaget chamou de esquema de assimilação não contribui em nada para o avanço da pesquisa em ensino de ciências e para suas aplicações didáticas. Mas se os modelos mentais só existem na memória de trabalho, seguramente faltam-nos outros elementos e, sobretudo, articulações entre os modelos mentais e esses outros elementos, para uma visão mais compreensiva, ainda que sempre incompleta, do funcionamento cognitivo, em particular na aprendizagem de conceitos científicos. Ou seja, embora hoje se use muito o chamado "modelo mental", proposto, como já vimos anteriormente, por diversos pesquisadores, e o mesmo tenha se mostrado útil e funcional como instrumento heurístico para explicar a compreensão de uma determinada situação de problema a se resolver, não se pode prescindir de outros elementos igualmente importantes, como as concepções alternativas e os esquemas de assimilação como instrumentos heurísticos adicionais, articulando-os e integrando-os teoricamente. Essa articulação e integração teórica é fundamental se queremos ir além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Quer dizer, não basta ficar tentando detectar modelos mentais, assim como não bastou, no passado, ficar detectando concepções alternativas dos alunos. O ideal, de nosso ponto de vista, seria articular os esquemas de assimilação de Piaget, tal como são definidos na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, com os modelos mentais de Johnson-Laird. Acreditamos que os invariantes operatórios defendidos por Vergnaud, e considerados por ele componentes essenciais dos esquemas, são também componentes dos modelos mentais de Johnson-Laird. No entanto isso não significa que se deva confundir esquemas com modelos mentais, ou que estes sejam considerados a mesma coisa. Na verdade existe uma distinção entre modelos mentais e esquemas, mas estes elementos podem ser articulados e integrados através dos invariantes operatórios e da idéia de que são construções representacionais com distintos graus de estabilidade cognitiva: consideramos que os esquemas são estruturas representacionais com um certo grau de estabilidade na memória de longo prazo, como já afirmado anteriormente, enquanto que os modelos mentais são análogos estruturais de estados de coisas do mundo construídos na memória de trabalho e, portanto, instáveis e funcionais. Para Vergnaud quando o sujeito se depara com determinada classe de situações ele já dispõe de padrões de conduta que podem ser evocados. Caso contrário, é preciso acomodar (no sentido piagetiano), mas a acomodação não ocorre instantaneamente, nem automaticamente. Deve haver algum mecanismo que faça a mediação entre o mundo e o novo esquema de assimilação que resulta da acomodação. Cremos que esse mecanismo é a construção de modelos mentais na memória de trabalho. Ou seja, quando a situação é nova o aluno constrói modelos mentais para fazer inferências e predições, quer dizer, para compreender e dominar a situação. Quando a situação faz parte de uma classe de situações conhecidas, o aluno evoca esquemas de assimilação existentes na memória de trabalho. Nessa linha de raciocínio, o aluno frente a uma situação similar a que era nova (e que já foi enfrentada por ele), construirá um modelo mental semelhante ao que construiu para a situação anteriormente enfrentada, mas na medida em que situações similares passam a constituir uma classe de situações o aluno não está mais construindo "modelos mentais semelhantes" mas sim evocando um esquema (estável) de assimilação construído a partir de modelos (instáveis) mentais iniciais. Haveria, portanto, um contínuo cognitivo entre modelos mentais e esquemas de assimilação, o que não significa que todo modelo mental dê origem a um esquema de assimilação, nem que a construção de esquemas e modelos sejam processos simples ou que a evolução de modelo para esquema seja trivial. Ao contrário, como diz Vergnaud, o problema central da cognição é a conceitualização e esta se caracteriza pela complexidade. Daí podemos concluir que a pesquisa em ensino de ciências não pode limitar-se à detecção daquilo que está na moda, como os modelos mentais, nem ao uso de novas terminologias para velhas construções como é o caso de chamar de modelos mentais as conhecidas concepções alternativas. Devemos buscar novos caminhos para trazer efetividade e

permanência aos conceitos científicos repassados aos alunos, com criatividade e uso de todos os instrumentos didáticos que tivermos ao alcance.

Bibliografia:

Costa, S.S.C. E Moreira, M.A. Modelagem em resolução de problemas: estudo preliminar. **Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.**, 2. ed., Florianópolis: Universitária, 1998.

Costa, S.S.C. ; E Moreira, M.A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 18, p. 263-277, 2000.

Bao, L. e Redish, E. R. Concentration analysis: a uantitative assessment of student states. **Physical Education Resources, American Journal of Physics Supplement**, **69(7)**, pp. S45-S53., 2001.

Galagovsky, L. e Adúriz-Bravo, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las ciencias**, **19(2)**, pp. 231-242, 2001.

Greca, I.M. e Moreira, M.A. Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. **Science Education, Newark**, v.86, n.1, p. 106-121, 2002.

Gutiérrez, R. Mental models and the fine structure of conceptual change. In: **Proceedings of the International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000**, 2000, Barcelona.: R. Pints & S. Suriqach..

Krapas, S., J., Kleer J. e Brown, J. S. Modelos: Uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. In: _____ **Investigações em Ensino de Ciências**. São Paulo: Cultrix, 1997. p.2-9.

Piaget, J. A epistemologia genética e a pesquisa psicológica. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.

Vergnaud, G. Teoria dos campos conceituais. In: Nasser, L. (Ed.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro**, 1993. p. 1-36.

Vergnaud, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-29, 1996.

Vosniadou, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, **4**, pp. 45-69.1994

Vosniadou, S. Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction., **Learning and Instruction** **6(2)**, pp. 95-109. 1995.

Pozo, J. I. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. **Enseñanza de las Ciencias**, **17 (3)**, pp. 513-520, 1999.

Moreira, Marco Antônio. **Modelos Mentais**. Instituto de Física da UFRGS. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>>. Acesso em 08 ago. 2005.